

# X-RAY TUBE AND X-RAY GENERATING APPARATUS

Publication number: JP2001319605 (A)

Publication date: 2001-11-16

Inventor(s): UKITA MASAOKI

Applicant(s): SHIMADZU CORP

Classification:

- international: G21K5/02; G21K5/08; H01J35/08; H05G1/00; H05G1/10;  
G21K5/02; G21K5/00; H01J35/00; H05G1/00; (IPC1-  
7): H01J35/08; G21K5/02; G21K5/08; H05G1/00; H05G1/10

- European: H01J35/08

Application number: JP20000139878 20000512

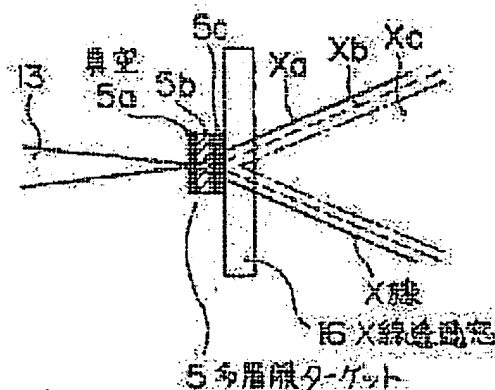
Priority number(s): JP20000139878 20000512; US20020109311 20020328

Also published as:

US2003185344 (A1)

## Abstract of JP 2001319605 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an X-ray tube and an X-ray generating apparatus that can generate X-rays suitable for an object of inspection by changing quality of the X-rays depending on the object of inspection. **SOLUTION:** A multilayer film metal target 5 comprises films of the first metal layer 5a, the second metal layer 5b, and the third metal layer 5c, all composed of different metals. When an electron beam 13 enters into the multilayer film metal target 5, it reaches down to the third metal layer 5c to generate X-rays, Xa, Xb and Xc with qualities corresponding to the metallic characteristics of the first metal layer 5a, second metal layer 5b and third metal layer 5c, respectively.



4/6

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-319605

(P2001-319605A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テームド (参考)   |
|----------------------------|------|---------------|-------------|
| H 0 1 J 35/08              |      | H 0 1 J 35/08 | B 4 C 0 9 2 |
|                            |      |               | F           |
| G 2 1 K 5/02               |      | G 2 1 K 5/02  | X           |
| 5/08                       |      | 5/08          | X           |
| H 0 5 G 1/00               |      | H 0 5 G 1/10  |             |

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-139878 (P2000-139878)

(22) 出願日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 浮田 昌昭

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

(74) 代理人 100097892

弁理士 西岡 義明

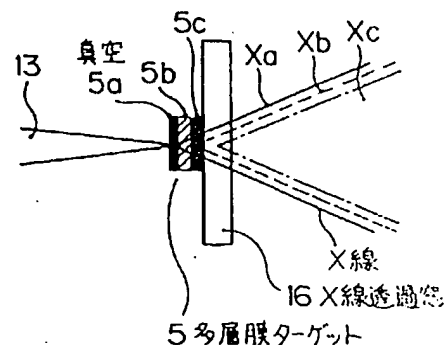
Fターム (参考) 4C092 AA01 AB23 AC08 BD19 C1002  
C11

(54) 【発明の名称】 X線管及びX線発生装置

(57) 【要約】

【課題】 検査対象に応じて、X線の線質を変更することにより、検査対象に適したX線を発生することが出来るX線管及びX線発生装置を提供する。

【解決手段】 多層膜金属ターゲット5は、異なる金属からなる第1金属層5a、第2金属層5b、及び第3金属層5cの薄膜からなり、電子ビーム13が多層膜金属ターゲット5に入射すると、電子ビーム13は、第3金属層5cまで到達し、それぞれ第1金属層5a、第2金属層5b、第3金属層5cの金属特性に応じた線質のX線Xa、Xb、及びXcが発生する。



FP04-0314-00  
CN-HP  
'08.10.24

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子源から電子をターゲットに照射し、X線を発生させるX線管において、前記ターゲットを異なる金属よりなる多層膜として形成したことを特徴とするX線管。

【請求項2】 請求項1記載のX線管において、前記多層膜からなるターゲットを、電子の入射側の金属層の融点から下層の金属層の融点より高くなるよう形成したことを特徴とするX線管。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載したX線管と、前記ターゲットに応じて前記電子源に異なる高電圧を印加する高電圧発生装置とを有するX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、X線非破壊検査装置やX線分析装置などのX線源として用いられる透過型マイクロフォーカスX線管、軟X線画像検査用X線管などや、それらを含むX線発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】X線非破壊検査装置やX線分析装置などのX線源として用いられる透過型のX線管は、微小な焦点を有し、例えば、LSIの内部構造を拡大してX線写真を撮る工業用X線装置に用いられる。

【0003】従来の透過型のX線管は、図9に示されるように、真空に保持された真空容器10内に電子源12、電子レンズ14、金属ターゲット15などが配設され、電子源12からグリッド11によって電子ビーム13が引き出され、引き出された電子ビーム13は電子レンズ14によって絞られた後、金属ターゲット15に照射される。そして、電子ビーム13が照射された金属ターゲット15においてX線が発生するが、発生したX線のなかで、電子ビーム13の入射側と反対側からX線透過窓16を透過するX線が利用される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】図9に示した従来構成のX線管では、金属ターゲット15は、タングステン(W)、モリブデン(MO)、銅(Cu)などの一種類の金属からなる金属層により構成されているため、発生するX線もターゲット固有の特性X線や制動放射X線のみを含んだものとなる。このため、従来のX線管では、検査対象に適した種々の線質のX線が発生することが出来ず、検査対象に応じた柔軟な検査を行うことが出来なかった。

【0005】そこで、本発明はかかる課題を解決するために創案されたものであって、検査対象に応じて、X線の線質を変更でき、検査対象に適したX線が発生することが出来るX線管及びX線発生装置の提供を目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、電子

源から電子をターゲットに照射し、X線を発生させるX線管において、前記ターゲットを異なる金属よりなる多層膜として形成したことを特徴とする。

【0007】請求項1の発明によれば、ターゲットが異なる金属よりなる多層膜によって形成されているため、それぞれの金属層から異なる線質を有するX線が発生する。

【0008】請求項2の発明は、前記X線管において、前記多層膜からなるターゲットを、電子の入射側の金属層の融点から下層の金属層の融点より高くなるよう形成したことを特徴とする。

【0009】請求項2の発明によれば、ターゲットの電子入射側の層を高融点金属で形成したため、下層の低融点金属が融解し蒸発することを防止でき、ターゲットが長寿命化する。

【0010】請求項3の発明は、X線発生装置において、前記X線管と、前記ターゲットに応じて前記電子源に異なる高電圧を印加する高電圧制御装置とを備えたことを特徴とする。

【0011】請求項3の発明によれば、ターゲットに照射される電子のエネルギーを適宜変更することにより、多層膜からなるターゲットへの電子の入射深さが変わる。このため、発生するX線の線質を種々変更することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施の形態にかかるX線発生装置の要部構成を示す図である。同図において、真空に保持された真空容器10内に電子源12、電子レンズ14、多層膜金属ターゲット5などが配設されX線管が構成されており、同X線管において、電子源12からグリッド11によって電子ビーム13が引き出された後、電子レンズ14によって点光源を作るために絞られ、異なる金属からなる多層膜金属ターゲット5に照射される。

【0013】そして、電子ビーム13が照射された多層膜金属ターゲット5においてX線が発生し、発生したX線のなかで、電子ビーム13の入射側と反対側からX線透過窓16を透過するX線が利用される。

【0014】高電圧発生装置20は、電子源12に対して高電圧を供給し、高電圧発生装置20が供給する高電圧は制御手段21によって適宜制御される。

【0015】図2は、図1で示したX線発生装置においてX線管のX線発生部を拡大した図であり、本実施形態では、多層膜金属ターゲット5は、それぞれ異なる金属からなる第1金属層5a、第2金属層5b、及び第3金属層5cから構成される。電子ビーム13が多層膜金属ターゲット5に入射すると、電子ビーム13が有するエネルギーに応じて、第1金属層5a、第2金属層5b、及び第3金属層5cからそれぞれ異なる線質のX線Xa、Xb、及びXcが発生する。

【0016】次に、多層膜金属ターゲット5に照射すべき電子ビーム13の加速電圧の選定について簡単のため2層膜からなるターゲットを例にして説明する。図3は、ARCHARDが提案し、KANAYASOKAYAMAが修正した電子の拡散モデルを説明するための図である。この拡散モデルによると、入射電子は、ある金属試料50に対して、入射電子深さR1まで進み、そこから電子拡散半径R2\*

$$R = \frac{2.76 \times 10^{-11} A V^{5/3} (1 + 0.978 \times 10^{-6} V)^{5/3}}{\rho Z^{8/3} (1 + 0.957 \times 10^{-6} V)^{4/3}} \quad [\text{cm}]$$

( $\rho$ : 密度[g/cm<sup>3</sup>], Z: 原子番号, A: 原子量, V: 加速電圧[Volt])

【式2】

$$R1 = \frac{1 + 2\gamma - 0.21\gamma^2}{2(1 + \gamma^2)} R, \text{ ただし } \gamma = 0.187Z^{2/3}$$

【式3】

$$R2 = R - R1$$

式1で表されるRは、ターゲット物性によって決まる項と、電子ビーム13の加速電圧V[Volt]によって決まる項Rv(V)の積で表せ、Rv(V)は以下になる。

【式4】

$$Rv(V) = \frac{(1 + 0.978 \times 10^{-6} V)^{5/3}}{(1 + 0.957 \times 10^{-6} V)^{4/3}} V^{5/3}$$

図4は、横軸を加速電圧V、縦軸をRv(V)とした加速電圧とRvとの関係を、4式に基づいて求めたものである。同図より、加速電圧Vにほぼ比例してRv(V)が大きくなること、すなわち、最大深さRは、加速電圧Vにほぼ比例して大きくなるのがわかり、同様にR1、R2は、加速電圧Vにほぼ比例して大きくなるが示される。

【0018】上記式1から式3の関係に基づき、金属試料50として銅(Cu)ターゲット( $\rho$ : 8.92、Z: 29、A: 63.6)を用いた場合における加速電圧Vと入射電子深さR1及び電子拡散半径R2の関係は図5のようになる。なお、図5は加速電圧を横軸に、入射電子深さR1及び電子拡散半径R2の値を縦軸として示した図である。

【0019】一方、図6は、金属試料50としてゲルマニウム(Ge)ターゲット( $\rho$ : 6.46、Z: 32、A: 72.6)を用いた場合における加速電圧Vと入射電子深さR1及び電子拡散半径R2の関係を示しており、加速電圧を横軸に、入射電子深さR1及び電子拡散半径R2の値を縦軸として示した図である。

【0020】ここで、本実施形態で使用するターゲットとして、図7(a)に示されるように、X線透過窓16に厚さ4.0 $\mu$ mのGe金属薄膜50bと、その上層に厚さ0.704 $\mu$ mのCu金属薄膜50aを製膜した多層膜ターゲットを考える。この場合、入射電子の加速電圧を30kVとすると図5より、入射電子深さR1 = 0.704 $\mu$ mの位置がX線発生部のほぼ中心位置とな

\*である球状に等方散乱を行う。

【0017】ここで、入射電子深さR1はX線発生部の中心位置に相当し、電子拡散半径R2によってその発生領域が規定されることになる。そして、入射電子深さR1、電子拡散半径R2は、最大深さRに比例し、R1、R2の関係は以下式1～式3で表される。

【式1】

※り、また、図5から電子拡散半径R2 = 2.073 $\mu$ mとなることから、Cu金属薄膜50aにおけるX線発生領域は、図7(a)に示されるように、領域60で示される部分となる。

【0021】一方、図6より、入射電子の加速電圧が30keVの場合、ゲルマニウム(Ge)において、電子拡散半径R2 = 3.600 $\mu$ mとなることから、Ge金属薄膜50bにおけるX線発生領域は、図7(a)に示されるように領域70で示される部分となる。

【0022】図7(b)は、図7(a)に示す多層膜ターゲットに加速電圧30keVの電子を照射した場合に発生するX線スペクトルの予想図を示している。図7(b)において、制動放射のX線スペクトル(同様の図棒)は銅(Cu)とゲルマニウム(Ge)ではほとんど相違ないが、発生するX線には、銅(Cu)の特性X線K $\alpha$ (約8keV)、ゲルマニウム(Ge)の特性X線K $\alpha$ (約9keV)が含まれる。

【0023】次に、図7(a)に示した多層膜ターゲットにおいて、入射電子の加速電圧を20keV及び10keVとした場合、図5及び図6に示したグラフより、X線の発生領域及びX線スペクトルは図8(1)a、(1)-b、及び図8(3)-a、(3)-bのようになると考えられる。なお、図8(2)-a、(2)-bは、図7(a)と同様に入射電子の加速電圧が30keVの場合のX線発生領域及びX線スペクトルを示している。

【0024】図8(1)-aでは、入射電子の到達点はCu金属薄膜50a内にあるため、図8(1)-bに示されるように、加速電圧が30keVの場合に比べて銅(Cu)の特性X線強度が相対的に高められる。

【0025】また、図8(3)-aでは、入射電子の到達点はGe金属薄膜50b内にあるため、図8(3)-bに示されるように、加速電圧が30keVの場合に比べてゲルマニウム(Ge)の特性X線強度が相対的に高められる。

【0026】以上の通り、図1に示すX線発生装置において、電子源12に供給する加速電圧を適宜変更することによって、発生するX線の線質を種々に変更することが可能となる。なお、電子源12に供給すべき加速電圧

は、使用するターゲットの材料及びその膜厚と、予め、例えば、図5及び図6等で示したように使用材料に応じて求めた加速電圧と入射電子深さR1、電子拡散半径R2との関係から決定し、検査体に応じて加速電圧を適宜変更するように構成すればよい。

【0027】次に、図2において示した第1金属層5a、第2金属層5b、第3金属層5cの形成に際しては、融点が高い金属たとえばタングステン(W)（融点3100℃）やモリブデン(Mo)（融点2620℃）を電子ビーム照射側の第1金属層5aとして形成し、下層の第2金属層5b、第3金属層5cを例えば低融点金属、たとえば銅(Cu)（融点1083℃）及びゲルマニウム(Ge)（融点959℃）によって形成することにより、下層の低融点金属からなるターゲットを保護することが出来る。

【0028】すなわち、電子ビームが弱い時は、加熱された内部の薄膜で発生した熱を高融点金属からなる第1金属層5aが吸収し、全体の温度上昇を抑え、一方、電子ビーム強度が高まり、下層の低融点金属層5b、5cが融解する温度となっても、タングステン(W)などの高融点金属からなる表面層が融解せず、下層の低融点金属の融解による蒸発を抑えることでターゲット全体の破損が防止される。

【0029】上述した実施形態では、多層膜金属ターゲットのそれぞれの金属層を純金属で形成したが、第1金属層5a、第2金属層5b、第3金属層5cを例えば、ニウムタングステン(W、Re)、タンモリ合金(W、Mo)、銀パラ(Pd、Ag)、リン青銅(Cu、Sn)、銅タン(W、Cu)、金合金等の合金で形成しても良い。

【0030】なお、多層膜金属ターゲットは、周知の製膜装置（真空蒸着装置、スパッタ製膜装置）によって容易に製造することができる。たとえば、真空蒸着装置では、Al板などのX線透過窓となる基板をセット後、蒸着源としてGeを電子ビームで加熱し発生するGe金属蒸気を基板にあててGe薄膜を製膜する。次に、蒸着源をCuに交換し電子ビームで加熱し、Cu金属蒸気を基板にあててCu薄膜を製膜する。その結果、X線透過窓上にGe膜、Cu膜を形成することが出来る。

【0031】また、上述した実施形態では、透過型のX線管及びX線発生装置を示したが、本発明は、これに限らず、反射X線を利用する構成とすることで、反射型の

X線管やX線発生装置にも適用されるものである。

【発明の効果】本発明によれば、ターゲットが異なる金属よりなる多層膜によって形成されているため、異なる線質を有するX線を発生させることが可能となる。

【0032】また、ターゲットの電子入射側の層を高融点金属で形成したため、下層の低融点金属が融解することを防止でき、ターゲットの長寿命化を図ることが可能となる。

【0033】さらに、ターゲットに照射される電子のエネルギーを適宜変更することにより、多層膜からなるターゲットへの電子の入射深さが調整されるため、種々の線質のX線を発生させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態のX線発生装置を示す側面図である。

【図2】本発明の一実施形態のX線発生装置のX線発生部を示す図である。

【図3】ARCHARDが提案し、KANAYAKUKAYAMAが修正した電子の拡散モデルを説明するための図である。

【図4】加速電圧と拡散モデルにおけるRv(V)との関係を示す図である。

【図5】銅(Cu)ターゲットにおける加速電圧と入射電子深さR1及び電子拡散半径R2との関係を示す図である。

【図6】ゲルマニウム(Ge)ターゲットにおける加速電圧と入射電子深さR1及び電子拡散半径R2との関係を示す図である。

【図7】ターゲットにおけるX線の発生領域及びX線スペクトルを示す図である。

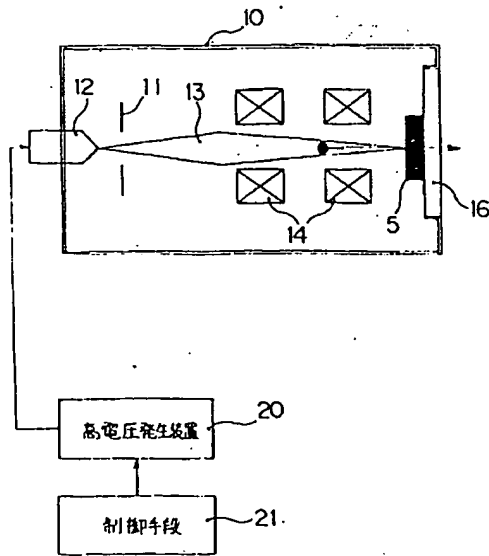
【図8】各加速電圧でのターゲットにおけるX線の発生領域及びX線スペクトルを示す図である。

【図9】従来のX線管を示す図である。

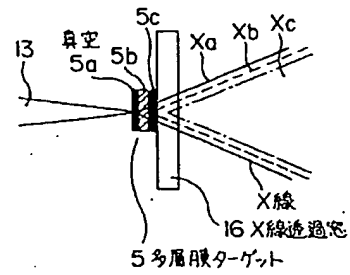
【符号の説明】

- 10…真空容器
- 11…引出電極
- 12…電子源
- 13…電子ビーム
- 14…集束電極
- 5…多層膜金属ターゲット
- 16…X線透過窓
- 20…高電圧発生装置
- 21…制御手段

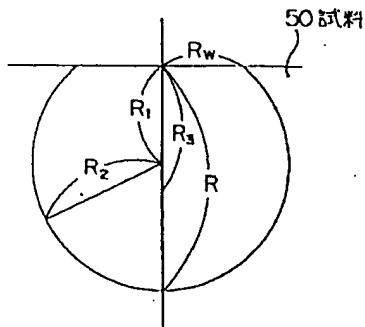
【図1】



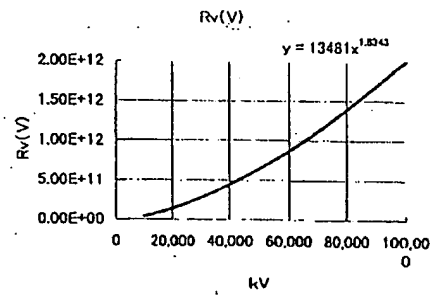
【図2】



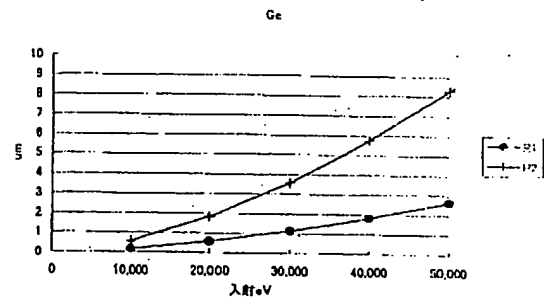
【図3】



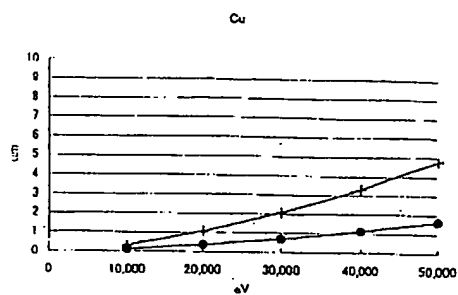
【図4】



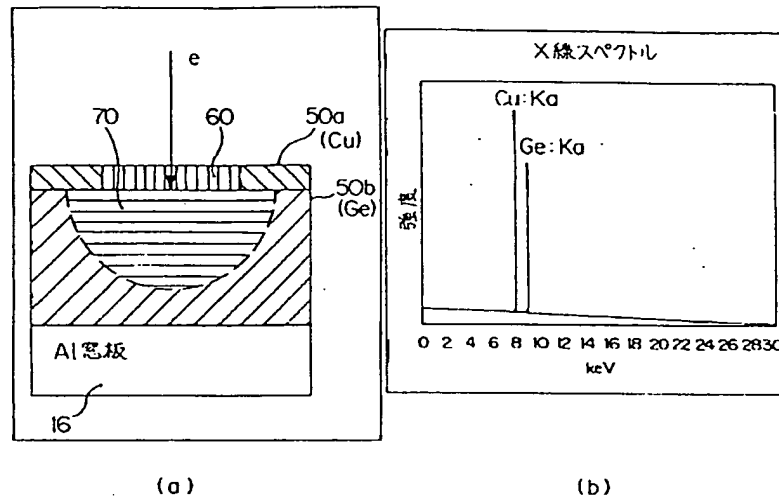
【図6】



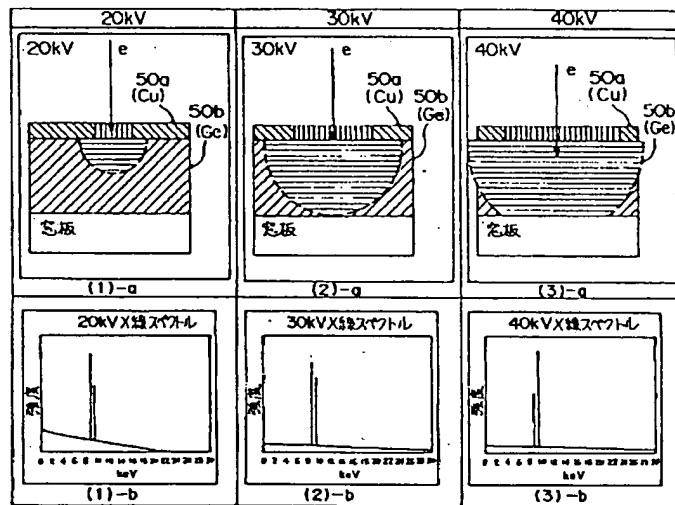
【図5】



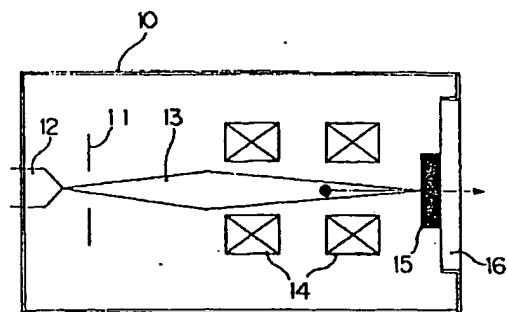
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

H05G 1/10

識別記号

FI

H05G 1/00

ターミナル(参考)

C

R